

УДК 553.494+553.068.57:552.4(470.1)

О ПРИРОДЕ ЛЕЙКОКСЕНА В ЯРЕГСКОМ НЕФТЕТИТАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ПЕРСПЕКТИВ ДРУГИХ ТИТАНОВЫХ ПАЛЕОРОССЫШЕЙ ПРИТИМАНЬЯ)

Л.В. Махлаев

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
E-mail: lev@geo.komisc.ru

Поступила в редакцию 15 мая 2008 г.

Знаменитое Ярегское нефтетитановое месторождение является ископаемой прибрежно-морской россыпью (ПМР). Оно сформированно в девоне в ходе абразии рифейских сланцев Тимана. Рудным минералом Яреги является лейкоксен. Полагают, что он развивался по ильмениту под воздействием нефти, пропитавшей россыпь в триасе и насыщающей ее в настоящее время. Мы считаем, что ярегский лейкоксен не имеет никакого отношения к нефти, а поступал в эту россыпь изначально, поскольку именно он, а не ильменит был титановым минералом в составе исходных пород, представленных на этой территории сланцами серицит-хлоритовой субфации. В процессе прогрессивного метаморфизма ильменит замещает лейкоксен при достижении уровня биотитовой субфации. Наиболее благоприятны для ильменита условия эпидот-амфиболитовой фации. Такие сланцы развиты в рифейских комплексах Среднего и Северного Тимана. Соответственно, расположенные там ПМР (Пижемская, Умбинская, Сувоинная, и др.), оказываются не лейкоксеновыми, а ильменитовыми. Это определяется уровнем метаморфизма питающих пород, и не зависит от того, подвергались ли титановые минералы этих россыпей последующему воздействию нефти и нефтяных вод или же никогда с ними не контактировали.

Ключевые слова: *титан, ильменит, лейкоксен, титановые россыпи, палеороссыпи, россыпеобразующие формации, Ярегское месторождение, Тиманский кряж.*

ON THE NATURE OF LEUCOXENE FROM THE YAREGA PETROLEUM-TITANIUM DEPOSIT (FOR PROSPECT ESTIMATION OF OTHER TITANIUM PALEO-PLACERS IN NEAR-TIMAN DISRTRICT)

L.V. Makhlaev

Institute of Geology, Komi Science Centre, Urals Branch of RAS

The famous Yarega petroleum-titanium deposit is the marine-coastal placer (MCP). This placer was generated during Devonian by abrasion of Timan Riphean schists. The main Yaregas ore mineral is leucoxene. The leucoxene is believed to have replaced the ilmenite under influence of the oil, which impregnated the Yarega placer in Triassic and sates it to present time. We assume that Yaregas leucoxene was not any relation to the oil, and was introduced into this placer initially. Just leucoxene, but not ilmenite was the main titanium mineral in Southern Timans Riphean metapelites which abrasion generated Yarega MCP. Then the leucoxene was replaced by the ilmenite at the level of progressive metamorphism biotite subfacies. The epidote-amphibolite facies conditions are the most favorable for ilmenite existence. In the Middles and Northern Timans metamorphic complexes just epidote-amphibolite slates are presented. So the MCP, located on these territories (Pizhemskaaya, Umbinskaya, Suvoyynaya, etc.), contain not leucoxen, but ilmenite. It is depend on the supplying rocks metamorphic level but not on the influence of oil or oil waters.

Key words: *the titanium, ilmenite, leucoxene, titanium placers, paleo-placers, placer-forming complexes, Yarega deposit, Timan ridge.*

ВВЕДЕНИЕ

Как и все месторождения-гиганты, Ярега является уникальным объектом. Это крупнейшее в Мире титановое месторождение, в пределах которого сосредоточено около половины российского титана

(более 49 %) и, соответственно, немалая доля мировых запасов этого металла – более 10 %. Но его уникальность не сводится только к грандиозным масштабам. Ярега – это одновременно и месторождение необычной нефти. Настолько вязкой, что добывают ее шахтным способом.

Порода, из которой добываются на Ярегском месторождении нефть и титан, представляет собой сцементированный вязкой нефтью (битумом) лейкоксен-кварцевый песчаник. Содержание лейкоксена в песчаной фракции измеряется десятками процентов, поднимаясь в отдельных прослоях до 40 %. После извлечения нефти терригенный материал идет в отвалы, формируя там богатейшее техногенное месторождение лейкоксена. Главные компоненты ярегского лейкоксена – это рутил и анатаз, образующие микрокристаллическую матрицу, насыщенную мельчайшими включениями кварца. Обилие в рудном материале кремнезема, практически не отделимого от диоксида титана, является фатальным обстоятельством, не позволяющим превратить эту уникальную «кладовую титана» в реальное месторождение, из которого титан можно добывать, поскольку такой микроагрегат не пригоден для плавки на титановый шлак – главный полуфабрикат на пути получения металлического титана. Трудности раскрытия кварц-лейкоксеновых сростаний препятствуют и проведению серноокислотной обработки. Пока единственное, что реально удалось технологам, это получение из ярегской руды кремнистого диоксида титана, который можно использовать в качестве пигментного материала при производстве титановых белил и красок на их основе. Однако потребности в красках много ниже потребностей в металлическом титане, а потому ярегские титановые ресурсы вот уже полвека не находят потребителя.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Генетически Ярегское месторождение представляет собой типичную прибрежно-морскую россыпь (ПМР), сформированную в пляжной зоне девонского моря, контуры которого примерно отвечали границам современной Печорской низменности, что позволяет условно называть и его «Печорским». Источником титановых минералов для россыпей Печорского моря были глиноземистые метапелиты в составе рифейской флишеидной толщи – бобровской свиты Южного и Среднего Тимана и ее аналогов на Северном Тимане. Западный берег этого моря проходил вдоль Прототиманской гряды. Море размывало развитые там породы, формируя на них протяженную зону абразионных террас с пляжными комплексами прибрежных россыпей. В зависимости от достигнутого уровня метаморфизма, существенно глинистые (пелитовые, алевропелитовые) прослои в составе «флишевых» ритмов, были представлены тогда, как и сейчас, филлитами зеленосланцевой фации, подразделявшимися на хлорит-серицитовую и хлорит-биотитовую

зоны, либо кристаллическими сланцами эпидот-амфиболитовой фации. Метапелиты разного уровня метаморфизма развиты на всем протяжении тиманид, образуя полосу, прослеженную с юга на север более чем на 700 км и продолжающуюся далее в структуры п-ова Канин (рис. 1).

По данным В.А. Каложного [1965, 1982] и О.С. Кочеткова [1965, 1967], преобладающим титановым минералом этих сланцев является порфиروبластический ильменит, местами частично лейкоксенизированный. Соответственно, он и должен накапливаться в пляжных отложениях, формируя классическую ильменитовую ПМР, с вполне технологичным сырьем, что устранило бы проблемы с Ярегским месторождением. В действительности это оказалось не так, и титановая минерализация представлена там не ильменитом, а лейкоксеном, да еще и в тончайшем сростании с мелким кварцем. Особо подчеркнем, что ярегский лейкоксен (как отмечено всеми) не содержит реликтов ильменита. При этом Ярегская палеороссыпь в Притиманье – не единственная. Цепь ископаемых россыпей прослеживается вдоль всего Прототиманского побережья Печорского моря. Ближайшими к Яреге являются Умбинская и Пижемская палеороссыпи, расположенные примерно в 150 км к северу. Они изучены хуже Ярегской, но тоже являются типичными ПМР, формирование которых обусловлено развитием абразионно-аккумулятивных прибрежных морских террас, тесно сопряженных с размываемыми метапелитами. Преобладающими титановыми минералами в них являются ильменит (50 % объема рудной фракции) и лейкоксенизированный ильменит (до 30 %). Общее содержание титановых минералов близко к 100 кг/т, суммарные запасы Умбо-Пижемских россыпей соизмеримы с запасами Ярегского месторождения. Палеороссыпи Северного Тимана (Сувойная, Пембойская и др.) изучены еще слабее, но установлено, что и они являются типичными комплексными ПМР, но с более широко варьирующей циркон-ставролит-ильменитовой рудной ассоциацией [Россыпные..., 1997].

ПРИРОДА ЯРЕГСКОГО ЛЕЙКОКСЕНА

Что же «испортило» Ярегскую россыпь, вызвав в ней тотальную лейкоксенизацию первичного ильменита, причем настолько интенсивную, что даже каких-либо его реликтов в лейкоксене не осталось? На первый взгляд, ответ напрашивается сам по себе. Что еще отличает эту россыпь от аналогичных тиманских объектов того же возраста? Ярегские пески являются коллекторами нефти и служат средой циркуляции нефтяных вод. В других тиманских палеороссыпях нефти нет. Поэтому вполне логичным представляется стремление объединить эти особенности причинно-следственной связью: ярег-

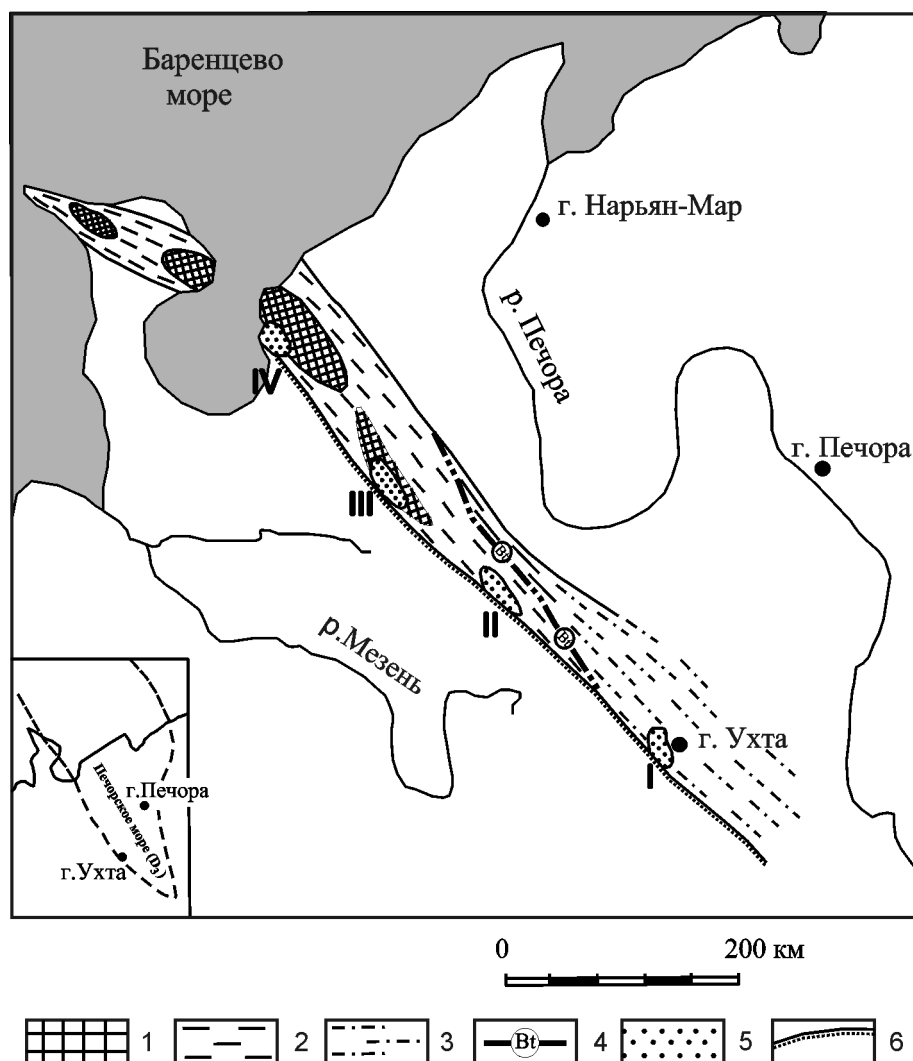


Рис. 1. Схема размещения титановых палеороссыпей Тимана и их питающих формаций (по материалам В.А. Калюжного [1965, 1982], О.С. Кочеткова [1965, 1967], В.Д. Игнатьева и И.Н. Бурцева [1997] с учетом данных бурения).

1 – поля развития рифейских ильменитсодержащих кристаллических сланцев эпидот-амфиболитовой фации, 2 – биотитовая («ильменитовая») зона рифейских метаморфитов зеленосланцевой фации, 3 – рифейские филлиты серицит-хлоритовой («лейкоксеновой») зоны зеленосланцевой фации, 4 – изограда биотита в рифеидах Тимана, 5 – позднедевонские (франские) титановые палеороссыпи, 6 – Западный берег «Печорского моря» во франском веке. На схеме: I – Ярегская группа россыпей, II – Умбинско-Пижемская группа россыпей, III – Северо-Тиманская группа россыпей, IV – россыпь Сувойная. На врезке показаны контуры «Печорского моря» в позднем девоне.

ский ильменит лейкоксенизирован так интенсивно, именно благодаря воздействию водно-нефтяной среды. Такую версию выдвинул первооткрыватель этого месторождения и его главный исследователь В.А. Калюжный [1965, 1982]. Сейчас она разделяется практически всеми.

При этом с лейкоксенизацией пытаются связывать и образование кварцевых микровключений в рудном минерале. «Отмечается прямая зависимость содержания SiO_2 от содержания $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ в лейкоксене, а именно: с уменьшением количества железа (с возрастанием лейкоксенизации ильменита)

увеличивается содержание вростков кварца» [Калюжный, 1965, с. 33]. Как известно, суть лейкоксенизации – это окисление двухвалентного железа в ильмените в трехвалентное, в результате чего оно становится растворимым и выносится. На месте остается диоксид титана – основа любого лейкоксена (рутилового, анатазового, брукитового). Непонятно только, причем здесь кремнезем? Он же не входил в структуру ильменита. Откуда он появился? И почему его количество возрастает с увеличением степени лейкоксенизации? Конечно, можно связать формирование кварца с воздействием диафорит-

рующих термальных растворов, но тогда – причем здесь нефть? Как могут вызывать окварцевание нефтяные воды? И вообще объяснение ярегских феноменов воздействием нефти порождает слишком много вопросов. Если лейкоксенизация – это, прежде всего, окисление, то как может способствовать окислению нефть? Скорее, наоборот. Общеизвестно, что металлический натрий, наименее стойкое к окислению вещество, хранят не где-нибудь, а в керосине, предотвращая тем самым его бурное окисление (самовозгорание) происходящее не только на воздухе, но и в воде.

Мы полагаем, что причины лейкоксенового состава Ярегской россыпи были принципиально иными. Никакой лейкоксенизации титановых минералов в «теле россыпи», как говорят обычно, там, скорее всего, не происходило вообще, либо она имела крайне ограниченный характер. Лейкоксен изначально был ее главным рудным минералом, поскольку именно он (а не ильменит) поступал в Ярегскую россыпь из питающих пород. Собственно, об этом писал и сам В.А. Калюжный – автор гипотезы «тотальной нефтяной лейкоксенизации», отмечавший, что Ярегская палеороссыпь, сложенная нефтенасыщенными песчаниками, налегает на абрадируемые метапелиты бобровской свиты восточного крыла Ухтинской антиклинали, в которых нет ильменита, и титановая минерализация представлена только лейкоксеном [Калюжный, 1965, стр.23]. При девонской абразии этих сланцев лейкоксен поступал из них в Ярегскую россыпь, где и контактировал много позже (в триасе) с нефтью и нефтяными водами, поступившими тогда в ярегские девонские пески. Проблема, соответственно, вовсе не в том, как, почему и когда происходила лейкоксенизация титановых минералов в ярегских песчаниках, а в том, почему в большинство девонских россыпей Притиманья поступал ильменит (в той или иной степени лейкоксенизированный), а в Ярегскую россыпь поступал, в то же самое время, только лейкоксен. Ответ нужно искать в анализе зависимости форм титановой минерализации в метапелитах от уровня их метаморфического преобразования. Такая зависимость была выявлена в разных регионах. Наиболее полно она охарактеризована в Таймырских работах Н.И. Коробовой [1977], но имеются такие работы и по Тиману [Кочетков, 1965, 1967; Калюжный, 1965, 1982]. Есть публикации и по другим регионам. Все они хорошо согласуются друг с другом и раскрывают повсеместно соблюдаемую последовательность.

ТИТАНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАПЕЛИТАХ И ЕЕ ЭВОЛЮЦИЯ

Титановая минерализация развивается в глинистых отложениях еще на стадии диагенеза [Малышев, 1957], когда в них появляется тонкоиглольча-

тый (микронной размерности) зеленовато-желтый аутигенный рутил, образующий многочисленные колеччатые двойники, «звездчатые» срастания и сложные субгексагональные агрегаты сагенитового облика, в которых иглольчатые индивиды рутила взаимопрорастают друг друга под углами 60-120°. На стадиях катагенеза и раннего метагенеза в пелитах появляются мелкие обособления лейкоксена, достигающие максимального развития в алевропелитах хлорит-серицитовых субфаций. Лейкоксен, содержание которого составляет в таких породах от 1 до 3 %, представлен в них обычно небольшими лепешковидными агрегатами, диаметром от 0,1-0,2 мм до 1-2 мм, а толщиной в 5-10 раз меньше. Микроскопия, включая электронную, показывает, что эти агрегаты сложены ажурными сростками мельчайших кристаллов рутила либо анатаза, насыщенными микровключениями кварца, форма и размеры которых свидетельствуют, что они представлены алевроитовыми частицами, захваченными лейкоксеновыми обособлениями в процессе роста.

При дальнейшем возрастании степени метаморфизма (при достижении уровня хлорит-биотитовой субфации, что отчетливо фиксируется по появлению в соответствующих филлитах биотита) в метапелитах развивается ильменит, образующий пластинчатые порфиобласты диаметром до 1,5 мм при толщине около 0,1 мм. В начальной стадии развития ильменит содержит, как и предшествовавший ему лейкоксен, многочисленные пойкилитовые включения алевроитового кварца, но в процессе последующей перекристаллизации он освобождается от них. По мере дальнейшего возрастания уровня метаморфизма ильменитовые пластинки становятся крупнее, и в ставролитовой зоне их размеры могут быть на порядок больше, достигая 1-2 см в поперечнике при толщине до 1,5 мм. При этом содержание ильменита в этом диапазоне преобразований зависит не от интенсивности последних, а от литологических особенностей исходного материала – от содержания в нем пелитовых компонентов. Соответственно, оно возрастает к кровле каждого ритма, но нигде не превышает пяти объемных процентов.

При переходе от ставролитовой зоны к кианитовой (от эпидот-амфиболитовой фации к амфиболитовой) ильменит замещается ильмено-рутилом, который преобразуется далее (в кордиерит-сил-лиманитовой зоне) в темный, вишнево-красный, рутил второй генерации, представленный неправильными изометричными обособлениями либо короткостолбчатыми кристаллами. При этом общее содержание собственно титановых минералов резко снижается (до 1,0-1,5 %), поскольку при температурах, свойственных амфиболитовой фации, значительная часть титана входит в качестве изоморфной примеси в силикаты – амфиболы, слюды, гранаты.

Как и почему в алевропелитовых осадках образуются на начальной стадии метаморфизма лейкок-

сен – это особая проблема, которая требует отдельной публикации. Заинтересованных можно отослать к специальной статье Н.И. Коробовой [1977]. Для нас важно, что ильменит биотитовой зоны зеленосланцевой фации не появляется в филлитах спонтанно, а формируется за счет предшествовавших ему лейкоксеновых агрегатов. Большинству исследователей такое заключение представляется по меньшей мере неожиданным, поскольку мы привыкли рассматривать лейкоксен исключительно как вторичное образование, диафорически развивающееся по ильмениту и прочим относительно высокотемпературным титановым минералам. Однако при прогрессивном метаморфизме лейкоксен предшествует ильмениту, а не замещает его. Это было четко установлено при изучении прогрессивно-метаморфической метапелитовой серии Таймыра Н.И. Коробовой [Махлаев, Коробова, 1972, Коробова, 1977]. Независимо от нее, к такому же выводу пришел, опираясь на тиманские данные, О.С. Кочетков [1967]. Собственно, такие «обратные» соотношения, когда «ильменит наблюдается в виде новообразований вокруг зерен лейкоксена» были отмечены в некоторых горизонтах тиманских филлитов еще В.А. Калюжным [1965, стр. 22].

Соотношения ильменита и лейкоксена в метаморфитах подобны соотношениям классических минеральных пар, сменяющих друг друга при изменении условий метаморфизма: например, «хлорит-биотит», «хлорит-амфибол», «эпидот-амфибол» и т.п. При диафорезе хлорит развивается по биотиту как явно вторичный минерал, но при прогрессивном метаморфизме биотит развивается по хлориту, и это никого не удивляет. Так же и ильменит при прогрессивном метаморфизме развивается за счет лейкоксена, который был по отношению к нему предшествующим в сланцах более низкого уровня преобразования. Н.И. Коробова отметила также, что лейкоксеновые агрегаты в хлорит-серицитовых филлитах всегда меньше размером, чем ильменитовые порфиробласты в сланцах с биотитом, что также не позволяет рассматривать их в качестве псевдоморфоз по последним, как это обычно делается.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного, мы полагаем, что в Ярегской россыпи ильменита нет не потому, что он весь лейкоксенизировался под воздействием нефти и нефтяных вод, или по каким-либо иным причинам. Его нет там потому, что он изначально не поступал в эту россыпь, поскольку отсутствовал в питающих ее сланцах. В связи с этим, появляются

новые критерии оценки перспектив ильменитоносности девонских ПМР Притиманья, которые протягиваются цепочкой вдоль всего Тимана от его южной части до северной оконечности. Там, где уровень преобразования питающих сланцев не достигал биотитовой зоны, россыпи могут быть только лейкоксеновыми. Степень метаморфизма возрастает в пределах Тиманского кряжа в северном направлении, достигая ставролитовой зоны эпидот-амфиболитовой фации. Соответственно, в этом же направлении должны возрасти размеры ильменитовых кристаллов и уменьшаться содержание в них кварцевых вростков. Поскольку изограда биотита пересекает тиманский метаморфический пояс несколько севернее Ухты, Пижемская россыпь, ближайшая к Яреге в этой последовательности, должна быть лейкоксен-ильменитовой, а россыпи, расположенные далее к северу, должны быть ильменитовыми и циркон-ильменитовыми. Северо-Тиманские россыпи, развивающиеся по породам эпидот-амфиболитовой фации, должны быть комплексными – циркон-рутил-ильменитовыми с редкометалльной минерализацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Игнатъев В.Д., Бурцев И.Н. Лейкоксен Тимана (минералогия и проблемы технологии). СПб: Наука, 1997. 215 с.
- Калюжный В.А. Фации метаморфических сланцев, происхождение и изменение их титановых минералов (на примере Тиманского кряжа) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1965. № 12. С. 20-41.
- Калюжный В.А. Геология новых россыпеобразующих формаций. М.: Наука, 1982. 263 с.
- Коробова Н.И. Ильменитсодержащие метаморфические сланцы Таймыра // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. № 1. С. 183-185.
- Коробова Н.И. Эволюция титановых минералов при прогрессивном метаморфизме на примере ильменитсодержащих сланцев Таймыра // Геология рудных месторождений Красноярского края. Новосибирск: СНИИГ-ГИМС, 1977. С. 81-86.
- Кочетков О.С. Условия образования и размещения древних россыпей титана и редких металлов на Тимане и п-ове Канин // Геология россыпей. М.: Наука, 1965. С. 126-131.
- Кочетков О.С. Акцессорные минералы в древних толщах Тимана и Канина. Л.: Наука, 1967. 200 с.
- Малышев И.И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. М.: Госгеолиздат, 1957. 272 с.
- Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Н.Г. Патык-Кара, Б.И. Беневольский, Л.З. Быховский и др. Москва: Научный Мир, 1997. 480 с.

Рецензент кандидат геол.-мин. наук А.Ю. Кисин